

# COMPRENSIÓN DE FUTURO PROFESORADO DE CIENCIA DEL CONCEPTO DE TEORÍA CIENTÍFICA A PARTIR DE LA CONTROVERSIA PASTEUR-LIEBIG SOBRE LA FERMENTACIÓN

Antonio García-Carmona

*Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales, Universidad de Sevilla, España*

José Antonio Acevedo-Díaz

*Inspector de Educación jubilado, Huelva, España*

**RESUMEN:** Se presentan los resultados de una actividad para mejorar la comprensión del concepto de teoría científica, en el contexto de la controversia histórica entre Pasteur y Liebig sobre el fenómeno de la fermentación. La actividad se implementó en la formación inicial de profesorado de ciencia (Física y Química) con un enfoque explícito y reflexivo. Para la evaluación del aprendizaje se usó una rúbrica aplicada mediante un proceso de análisis inter-jueces. Globalmente, los estudiantes mejoraron su comprensión del concepto de teoría científica, revelándose así la utilidad didáctica de la actividad para aprender y enseñar sobre este aspecto de la naturaleza de la ciencia.

**PALABRAS CLAVE:** naturaleza de la ciencia, teoría científica, historia de la ciencia, formación inicial del profesorado.

**OBJETIVOS:** Como parte de un estudio más amplio, se presentan los resultados del aprendizaje logrado por estudiantes de profesorado de ciencia (estudiantes, en adelante) sobre el concepto de teoría científica, en el contexto de la controversia entre Pasteur y Liebig relativa al fenómeno de la fermentación. El texto de la controversia empleado para llevar a cabo la actividad se incluye en otro trabajo (Acevedo-Díaz y García-Carmona, 2016a). Los resultados obtenidos se derivan de un análisis orientado por las siguientes preguntas de investigación: (i) ¿Qué concepciones muestran los estudiantes sobre el concepto de teoría científica tras una primera lectura de la narración?; (ii) ¿Qué evolución de sus concepciones manifiestan después de la puesta en común en clase?

## MARCO TEÓRICO

Desde hace años, la historia de la ciencia (HDC) se viene proponiendo como un recurso idóneo para aprender sobre naturaleza de la ciencia (NDC) (Abd-El-Khalick y Lederman, 2000; Irwin, 2000). No

obstante, su efectividad requiere plantear de manera explícita a los estudiantes que identifiquen aspectos de NDC y reflexionen críticamente sobre ellos (McComas, 2008; Rudge y Howe, 2009). En este sentido, son de gran interés las controversias que han mantenido los científicos, a lo largo de la historia, en la construcción de teorías científicas sobre determinados fenómenos.

Una controversia científica es una disputa pública sobre un asunto significativo de la ciencia de difícil resolución (McMullin, 1987), que requiere de la intervención de la comunidad científica con argumentos científicos (validez y fiabilidad de los experimentos, coherencia de los modelos, capacidad explicativa de las teorías científicas, etc.) y sociales (rasgos de personalidad de los científicos, presiones institucionales, influencias políticas, rivalidades nacionales, etc.) (Acevedo-Díaz y García-Carmona, 2016a, b). Así pues, una controversia no se limita, en muchos casos, a los científicos, sino que implica a otros colectivos, tales como políticos, industriales, agentes sociales y ciudadanía en general.

El uso didáctico de narraciones de HDC requiere de su adaptación al contexto escolar, mediante la selección de fragmentos que simplifiquen los hechos históricos (Acevedo, García-Carmona y Aragón, 2016); pero, al mismo tiempo, se debe cuidar que las omisiones no conduzcan a una pseudohistoria (Allchin, 2004) y, consecuentemente, evitar que se dé una imagen deformada de la ciencia (Forato, Martins & Pietrocola, 2011). Las narraciones deben incluir, además, palabras de los científicos para resaltar el lado humano de la ciencia y mostrar autenticidad a las ideas de NDC que ilustran (Clough, 2011). Del mismo modo, debe evitarse una visión mítica de los científicos (Numbers y Kampourakis, 2015), tales como enfatizar unos aspectos, minimizar otros u omitir los errores y fracasos (Allchin, 2003). Tampoco se debe promover una interpretación anacrónica del pasado, que exagere la importancia de su contribución a la ciencia contemporánea. Se trata, más bien, de propiciar la ciencia en el contexto social del momento histórico y los factores contingentes de su desarrollo. De no ser así, se transmitirá una falsa visión acumulativa y lineal de la ciencia en progreso continuo hasta su estado actual (Monk y Osborne, 1997).

## METODOLOGÍA

La actividad se implementó con un grupo-clase de estudiantes de la especialidad de Física y Química del Máster Universitario en Profesorado de Educación Secundaria. Los estudiantes se organizaron en parejas, formándose un total de 8 grupos (G1,..., G8). La actividad se desarrolló en tres fases: (i) lectura del texto de la controversia histórica y respuestas a cuestiones para la reflexión crítica sobre aspectos de NDC (en este caso, delimitado a la cuestión: *De acuerdo con lo que has leído en el texto, ¿cómo explicarías qué es una teoría científica?*); (ii) puesta en común mediante la discusión entre todos los grupos de sus respuestas, con ayuda del profesor; y (iii) conclusiones finales de los grupos, que se concretaron en una reelaboración de sus respuestas iniciales. Las respuestas iniciales y finales fueron registradas por los grupos en un informe que entregaron al profesor para su análisis.

## Tabla.

Rúbrica de evaluación de la comprensión del concepto de teoría científica en el contexto de la controversia entre Pasteur y Liebig sobre la fermentación.

Nivel 4(*)
Se citan las cuatro razones siguientes: <i>(i) Las teorías científicas son explicaciones de los fenómenos naturales.</i> <i>(ii) Las leyes y teorías científicas son conocimientos científicos diferentes; por tanto, ambas tienen distinto estatus epistemológico y no guardan una relación jerárquica.</i> <i>(iii) La validez de una teoría científica se determina por consenso en la comunidad científica tras muchas comprobaciones.</i> <i>(iv) Uno de los rasgos de las teorías científicas es su provisionalidad.</i>
(*) Para los demás casos, y tomando el Nivel 4 como referente máximo, los restantes niveles de respuestas se establecen como sigue: Nivel 3: Se citan tres razones de las descritas en el Nivel 4. Nivel 2: Se citan dos razones de las descritas en el Nivel 4. Nivel 1: Se cita una razón de las descritas en el Nivel 4. Nivel 0: No se cita ninguna razón, o las que se dan son inconsistentes con las descritas en el Nivel 4.

Las respuestas de los grupos se evaluaron con una rúbrica de 5 niveles (tabla 1), que se aplicó mediante un proceso de análisis inter-jueces. El nivel más alto (nivel 4) corresponde a las respuestas más completas, con citas adecuadas a cuatro rasgos relativos al concepto de teoría científica aludidos en la narración de la controversia. La clasificación de las respuestas decrece de nivel según lo incompletas que sean, hasta llegar al nivel más bajo (nivel 0), en el que se ubican las que son inadecuadas o no se refieren a ninguno de los rasgos indicados en el nivel 4.

## RESULTADOS

Tras la lectura inicial del relato, los grupos mostraron un nivel de comprensión generalmente bajo. Además de que ninguno alcanzó el nivel máximo, seis grupos emitieron respuestas clasificadas con nivel 1, y solo dos grupos lograron, respectivamente, los niveles 2 (G6) y 3 (G4). La razón más citada en las respuestas iniciales fue que las teorías científicas son explicaciones de los fenómenos naturales (6 de los 8 grupos), mientras que el menos citado fue el carácter provisional de las teorías científicas (2 de los 8 grupos). Asimismo, en ninguna de las respuestas se hizo alusión a que las leyes y teorías científicas son conocimientos científicos diferentes.

Durante la puesta en común brotaron algunas ideas equivocadas, como la confusión de una ley o de un teorema con una teoría científica. Para ello, el profesor propició una discusión orientada a generar un conflicto cognitivo que ayudase a distinguir entre ambos tipos de conocimiento. El que sigue es un breve fragmento de tal discusión en clase (los nombres que aparecen son ficticios):

- Luis: Una teoría es un hecho que se ha demostrado...
- Pedro: Bueno, decir que una teoría es un hecho... no me parece que sea correcto. Para mí, una teoría es un conjunto de ideas para explicar un hecho. Sería la explicación del hecho.
- Profesor: ¿Podéis poner ejemplos de teorías científicas que conozcáis?
- Pedro: Teoría de la Relatividad.
- [...]
- Ángel: Teoría de las fuerzas vivas en el estudio de la conservación de la energía.
- Profesor: ¿Lo que alude el compañero [Ángel] sobre las fuerzas vivas es una teoría?

- Pedro: Es un principio...
- Laura: Yo creo que no es una teoría, porque una teoría intenta explicar un hecho natural... dar una explicación científica del hecho, una interpretación...
- Mónica: Es una ley, ¿no?
- Profesor: Y... ¿qué es una ley? ¿Podéis dar algunos ejemplos?
- Mónica: Leyes de los gases ideales.
- Silvio: Las leyes de Newton.
- Profesor: ¿Qué nos dicen estas leyes?
- Mónica: Establecen relaciones entre magnitudes.
- Profesor: Entonces, ¿es lo mismo [establecer relaciones entre magnitudes] que la interpretación de un fenómeno?
- Mónica: Umm!! No.  
[...]

Después de la puesta en común, los grupos tuvieron una semana para revisar sosegadamente sus respuestas iniciales. Todos los grupos mejoraron su comprensión, excepto G7 que mantuvo una idea poco clara del concepto de teoría científica (nivel 1).

Sin embargo, la evolución de la comprensión fue desigual entre los grupos. Así, los avances más destacables son los de G8 y G5, que aumentaron su comprensión en dos y tres niveles respectivamente. En el resto de grupos la evolución fue de un solo nivel, aunque hay que tener en cuenta que unos (G4 y G6) partían de niveles de comprensión más altos que otros (G1, G2 y G3), con lo cual el margen de mejora que tenían era menor. La evolución de la comprensión de los grupos sobre la cuestión abordada se recoge en la figura 1.

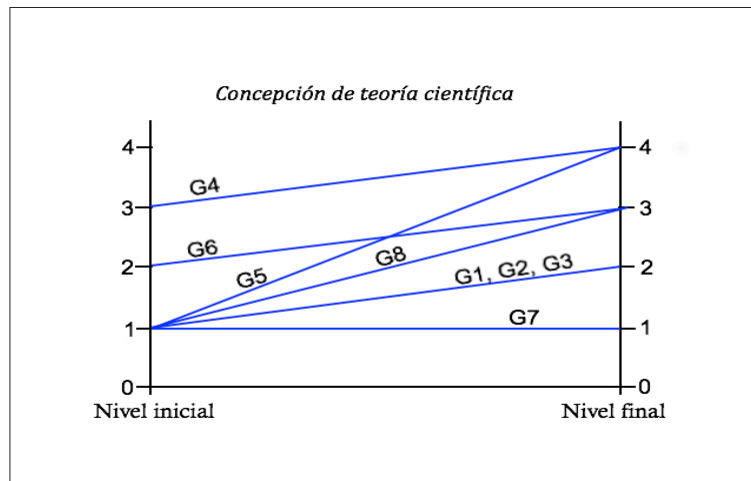


Fig. 1. Evolución de las concepciones de los grupos sobre teoría científica tras la actividad.

La razón más citada en las respuestas finales continuó siendo que las teorías científicas son explicaciones de los fenómenos naturales (7 de los 8 grupos); y se duplicaron (pasando de 3 a 6 grupos) las citas relativas a que la validez de una teoría se determina por consenso de la comunidad científica tras muchas comprobaciones. Es destacable también la alusión a que las leyes y teorías científicas son conocimientos epistemológicamente distintos (poder descriptivo *vs.* poder explicativo), que pasó de no ser citado por ningún grupo en las respuestas iniciales a serlo por 3 grupos en las respuestas finales.

## CONCLUSIONES

Los resultados ponen de manifiesto la utilidad didáctica de la lectura reflexiva y crítica de la controversia histórica entre Pasteur y Liebig para mejorar la comprensión de estudiantes de profesorado de ciencia sobre el concepto de teoría científica. Asimismo, sugieren que es posible enseñar y aprender sobre este aspecto de NDC eficazmente sin tener que programar intervenciones de enseñanza largas, que dificulten, por falta de tiempo, la implementación de la NDC como un contenido más del currículo de ciencia escolar.

El interés de la actividad no solo radica en su potencial para que los estudiantes de profesorado mejoren su comprensión de este aspecto, entre otros, de la NDC, sino también para que conozcan y asimilen un recurso idóneo con el que introducir contenidos de NDC en sus propias clases de ciencia cuando sean docentes. De todas formas, se necesitan más investigaciones para profundizar en todos estos aspectos con la participación de otros estudiantes de profesorado de ciencia.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABD-EL-KHALICK, F. y LEDERMAN, N.G. (2000). The influence of history of science course on students' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(10), 1057-1095.
- ACEVEDO-DÍAZ, J.A. y GARCÍA-CARMONA, A. (2016a). Uso de la historia de la ciencia para comprender aspectos de la naturaleza de la ciencia. Fundamentación de una propuesta basada en la controversia Pasteur *versus* Liebig sobre la fermentación. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 11(33), 203-226.
- (2016b). Rosalind Franklin y la estructura del ADN: un caso de historia de la ciencia para aprender sobre la naturaleza de la ciencia. *Revista Científica*, 27, 302-317.
- ACEVEDO, J.A., GARCÍA-CARMONA, A. y ARAGÓN, M.M. (2016). Un caso de historia de la ciencia para aprender naturaleza de la ciencia: Semmelweis y la fiebre puerperal. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(2), 408-422.
- ALLCHIN, D. (2003). Scientific myth-conceptions. *Science Education*, 87(3), 329-351.
- (2004). Pseudohistory and pseudoscience. *Science & Education*, 13(3), 179-195.
- CLOUGH, M.P. (2011). The story behind the science: Bringing science and scientists to life in post-secondary science education. *Science & Education*, 20(7-8), 701-717.
- FORATO, T.C.M., MARTINS, R.A. y PIETROCOLA, M.A. (2011). Historiografia e natureza da ciência na sala de aula. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 28(1), 27-59.
- IRWIN, A.R. (2000). Historical case studies: Teaching the nature of science in context. *Science Education*, 84(1), 5-26.
- MCCOMAS, W.F. (2008). Seeking historical examples to illustrate key aspects of the nature of science. *Science & Education*, 17(2-3), 249-263.
- McMULLIN, E. (1987). Scientific controversy and its termination. En H.T. Engelhardt Jr y A.L. Caplan (Eds.), *Scientific Controversies. Case studies in the resolution and closure of disputes in science and technology* (pp. 49-91). New York: Cambridge University Press.
- MONK, M. y OSBORNE, J. (1997). Placing the history and philosophy of science on the curriculum: a model for the development of pedagogy. *Science Education*, 81(4), 405-424.
- NUMBERS, R.L. y KAMPOURAKIS, K. (Eds.) (2015). *Newton's Apple and Other Myths about Science*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- RUDGE, D.W. y HOWE, E.M. (2009). An explicit and reflective approach to the use of History to promote understanding of the nature of Science. *Science & Education*, 18(5), 561-580.

